水稻健康管理研討會 41~56 (2004)

水稻健康管理體系下之營養與水田管理

王鐘和[1]、林毓雯[2]、丘麗蓉[1]

[1]國立屏東科技大學農園系
[2]農業試驗所農化組

摘　　要

水稻的生育受品種、氣候環境、栽培方法及土壤肥力等因素影響，本省已釐訂有稻田之氮肥、磷肥及鉀肥之推薦用量，使水稻之營養管理邁向科學化。其中土壤有效磷鉀之測定値與施肥效應之關係甚佳，爲磷、鉀肥需要量推荐之依據。氮素推薦量主要係依據栽植之品種、地區及季節。水稻對三要素之反應以氮素最爲敏感。診斷幼穗形成期植株氮素含量，據此施用氮肥可獲有效增加稻穀產量之效果，以葉綠素計於該時期測定葉片可有效的作爲判定幼穗形成期穗肥施用與否之依據。曬田可以調節水稻氮素營養，抑制水稻之無效分蘗及植株過度抽高，加強植株的強度，避免生育後期倒伏等。氮肥深施可增加氮肥利用率，減少氮肥用量。

水稻爲典型的需矽作物，施用矽酸爐渣平均可獲得5~15%之稻穀增產。水稻窒息病係由於土壤排水不良，稻根受土壤中還原性產物毒害，呼吸受阻所致。多施鉀肥及改善灌排水、避免在高溫期施用有機質肥料等措施，水稻生育可獲顯著的改善。缺鋅水田施鋅有顯著效果，一、二期作平均增產各達25%及15%。施用有機資材將使水田之還原狀態加深，不利水稻生育。連年施用有機質肥料後，除了當作所施有機質肥料之可礦化養分量外，亦要評估土壤累積之既有有機質之可礦化養分量，以二者之和作爲預期可由有機質供給之要素量，故土壤養分之診斷益加重要。

關鍵字：水稻、營養。

前　　言

台灣歷年來稻作單位面積產量與肥料消費量呈密切相關之發展，常被國際間引述(40,45)。此種關係固不可以單純因果關係論，惟肥培管理之發展在台

灣稻作單位產量之發展過程中，占有很重要之角色，卻是無庸置疑的。蓋台灣位居熱帶及亞熱帶，高溫多濕，土壤中有機質分解迅速且養分易於淋失，加之土地利用十分集約，土壤養分消耗極多，故研究如何適當施肥以補充土壤養分，發揮作物產能並保持土壤永續生產力，遂成爲台灣土壤肥料工作之主要課題，近幾十年來已獲得許多提昇水稻產量之重要研究成果。本文僅就水稻之營養及水田管理蒐集整理前人研究成果，提供栽培健康水稻之參考。

內　容

一、水稻之營養特性及肥料施用要領

(一)水稻之營養

如其他作物，稻之栽培除了必需適時適量供應二氧化碳、氧氣、水及13種營養要素外，尙需足夠之矽，稻株才能正常生長、開花、結果，獲得理想之產量與品質。這些必需要素在稻株體內都有其特定而無法替代之生理功能：1.構成稻植體:如碳、氫、氧、氮、磷、 硫，爲各類碳水化合物、核酸、蛋白質、脂肪等的組成分。2.爲酵素之組成分或催化酵素反應:如鉀、鈣、鎂、鐵、錳、銅、鋅、鉬。3.維持細胞之膨壓及電解質平衡:如鉀、鈣、鎂、氯。4.維持細胞膜之完整性或控制某些生理、生化反應之路徑:如鈣、硼、氯。

以上碳、氫、氧、氮、磷、硫、鉀、鈣、鎂、鐵、錳、銅、鋅、鉬、硼及氯即被稱爲作物正長發育所需之16種必需元素(essential element)。其中碳、氫、氧爲構成細胞之基本成分，在植體中含量最多，合計約占作物乾物重之90%。氮、磷、硫、鉀、鈣、鎂則約在0.1~5%之間。而氮、磷、鉀三種要素因稻株之需求量比較大且土壤中之有效含量常不夠作物正常生長之所需，需要靠施肥來補充，故，氮、磷、鉀就被稱爲肥料三要素;而鈣、鎂、硫需要量次之，故被稱爲次量元素。至於鐵、錳、銅、鋅、鉬、硼及氯在植體中之含量甚微，故被稱爲微量元素。而矽雖不爲作物生長所需之16種必需元素之一，但因爲矽可增強稻株之直立性與抗病能力，故，矽仍被列爲水稻之有益元素(beneficial element)[20]。依據前人探討不同作物營養需求之水耕試驗

資料可知蔬菜作物需要較高濃度之養分供給才能生長正常，果樹次之，而水稻則最低(34)。

水稻對氮磷鉀三要素之反應以氮素最爲敏感，施用氮肥可獲20~25%之增產率，而磷鉀肥之增產效果則相對較低僅約1~5% (表一)(43)。氮素缺乏則發育不良，產量不高，但施用過量，或施用時期不當，易因生長過旺導致罹患病蟲害或引起倒伏而減產。水稻自播種至收穫之任何階段均可吸收氮素。前人研究指出以含有穩定低濃度氮素的養液栽培水稻，已能使水稻生長良好(24)，但就各生育階段所吸收氮素對稻穀生產之效率而言，則以分蘗盛期及幼穗形成期爲最大。分蘗盛期及幼穗形成期氮素養分充足與否，影響穗數、稔實率及千粒重，因此欲穫高產，必需在這兩個時期充分供應氮素肥料。氮肥施於稻田表面後，極易因脫氮作用而揮失，且亦有一部分流失，其損失量因土壤質地而異。因此，氮肥需分次施用，其中基肥需混入土中才能減少損失，而漏水過速之水田則不施用基肥。分蘗盛期之追肥應視分蘗狀況;穗肥應依葉色，調節施用。磷肥以一次作基肥施用爲原則，鉀肥則著重追肥分施，避免過早施用而流失(5,20)。

表一、氮、磷、鉀三要素對水稻產量之效應

Table 1. Response in terms of rice yield to nitrogen, phosphorus, potassium since 1929

試驗年代	期作	試驗點數	試驗處理			
			-N	-P	-K	**N+P+K**
1929-1942[y]	1st	117	72.6	94.0	97.6	100 (3,923)
1929-1942	2nd	117	76.4	93.3	94.9	100 (3,373)
1953-1955[x]	1st	82	66.8	94.6	97.8	100 (3,859)
1953-1955	2nd	91	75.0	94.5	95.6	100 (3,471)
1982-1983[w]	1st	80	75.2	99.4	99.3	100 (6,423)
1982-1983	2nd	80	81.2	99.2	98.5	100 (5,510)

[z] Expressed as yield index, 100 being the yield of the complete (NPK) plot. The numerical value(kg/ha)of the yield in the complete plot is shown in parenthesis. (source from: Wang 2003(43))

[y] Source: Chu 1961.

[x] Source: Tseng 1961.

[w] Source: Lin 1984, Lin 1985.

(二)三要素肥料施用要領

1.三要素肥料施用量

水稻由於品種、栽培方法以及土壤肥力不斷改進，肥料需要量不斷變化，故有關肥料需要量之試驗亦從未間斷。由田間肥料需要量試驗求得施肥效應與土壤中有效養分含量之相關資料顯示；其中以磷鉀之測定值與施肥效應之關係甚佳，爲磷、鉀肥需要量推荐之依據(表二) [7]。

表二、水稻之土壤有效磷、鉀速測值與氮磷鉀三要素推薦用量
Table 2. Recommended rates of N,P,K for rice production

作物別	氮素推薦量 (公斤/公頃/作)	土壤有效磷 (白雷氏第 1 法) 等級 速測值 (ppm)	磷酐 推薦量 (公斤/公頃/作)	土壤有效鉀 等級 速測值 (ppm)	氧化鉀 推薦量 (公斤/公頃/作)
水稻	中南東部	極低 0~10	一期 70~80	極低 0~45	一期 60~70
(稉稻)	一期 110~140		二期 50~60		二期 80~90
	二期 100~120	低 11~30	一期 60~70	低 46~90	一期 50~60
	北部		二期 40~50		二期 60~80
	一期 100~120	中 31~65	一期 40~60	中 91~150	一期 30~50
	二期 90~110		二期 30~40		二期 40~60
(秈稻)	一期 130~150	高 66~175	一期 20~40	高 大於 150	一期 0~30
	二期 100~120		二期 0~30		二期 0~40
		極高 大於 175	一期 0~30		
			二期 0~20		

2.分施標準之確立

三要素中以氮肥對作物之增產效果最大，但過量之施用或施用不當所可能帶來之負面效果亦最大，合宜的氮肥施用具有調節作物營養生長和生殖生長以達到最適收穫指數(HI，harvest index)之意義。早期一般農家慣於插秧後不久及稻作最高分蘗期施用追肥而不施基肥。民國54~63年間各農業試驗改良場所在全省舉辦水稻氮肥分施試驗，結果証實，幼穗形成期之追肥(穗肥)可提高稻穀產量，並以基肥和分蘗盛期和幼穗形成期追肥之組合較佳[41]。鉀肥的分施試驗亦証實，分施較不分施者優，並以分蘗盛期的施用較佳[36]。至於磷肥的分施試驗則証實除特殊情形外，以全量當基肥即可。以上結果亦經綜合、釐訂爲三要素肥料之分施

標準(表三)[41]，表列於施肥手冊供推廣人員及農友應用。上述分施方法配合施肥量之推荐，亦經64~65年間全省舉辦的施肥技術示範[23]，証實較一般農家慣用區可節省肥料用量，且可提高稻穀產量約10%，顯示所推荐施肥標準之合理性。穗肥之效果和幼穗形成期之植物體全氮含量具有顯著的負相關；第一期作時幼穗形成期之植物體全氮含量如低於1.8~1.9%，則穗肥之效果顯著[15]。王鐘和(2004)[6]亦指出穗肥對水稻有明顯增產效果，以葉綠素計於該時期測定葉片可有效的作爲判定幼穗形成期穗肥施用與否之依據。

表三、水稻生育階段氮肥分施率(%)
Table 3. Nitrogen fertilizer application rates at different growth stage of rice plant(%)

品種	地區或質地	基肥	插秧後 一期 15 天 二期 10 天	插秧後 一期 30 天 二期 20 天	插秧後 一期 45 天 二期 20 天	幼穗形成期 (穗肥)
稉稻	質地較細者(黏土、黏質坋質壤土	45~50	－	30	－	25~20
	質地較粗者(砂質壤土)	25	20	30	－	25
秈稻	南部	30	－	30	40	－
	中北部	25	－	25	30	20

註：1.桃、竹苗地區質地較細土壤基肥亦可增爲 75%，穗肥照舊。
2.施用穗肥增產效果最大之時期爲穗長達 0.2 公分前後二天內，又穗肥施用與否及其施用量視葉色、葉片態勢、病蟲害以及氣候情形決定之。秈稻南部地區如在幼穗期發生葉色變黃情形，亦應施穗肥。
3.採用側條深層施肥時，僅施基肥，並根據實際需要施用穗肥。
4.一般基肥施用時，應在耕耘機第一次碎土後，把肥料撒施再行第二次碎土，肥料混入表土 12 公分內土層中。
5.早熟稻應著重基肥及早期追肥。

3.施肥位置之改進

爲減少氮肥氨化揮發或脫氮損失，日據時期即有氮肥全層施肥法之提倡，將肥料撒施後犁耕稻田使氮肥與土壤充分混合，然後插秧。惟因插秧時農民繁忙，常失去施用基肥時機而於插秧後才施追肥，即使如此，當時亦因追肥與人工中耕除草配合進行，肥料仍有機會拌入土壤中。自

從水田殺草劑普遍推廣以後，稻田不再需要人工除草，分蘗期所施追肥不再有拌入土壤機會，使氮肥損失機會大爲增加。在這種背景下，試驗結果顯示:除了漏水嚴重之粗質地仍採用肥料分施法之外，對於中或細質地土壤，則可以採用以需肥量之75%當基肥以耕耘機拌入土壤中，另25%當穗肥的施肥法；既省工又可減少氮肥損失[17]。

尿素以泥土或衛生紙包裹施於地下八公分處，每兩株水稻放一個，可使氮肥之效率顯著地提高，僅用標準量之60%氮肥即可獲得與使用100%氮肥分四次撒施之方法同樣之產量。爲使水稻能夠產生足夠之穗數與粒數以便獲得最高產量，並於幼穗形成期配合灑施一次穗肥。此外必須設法發展一些較爲簡便省工之肥料深施技術[33]。巨粒裹硫尿素(USG)深施提高氮素回收率及有稻穀產量之效果，以一期稻優於二期稻，一期稻穀增產量可達13%，氮回收率最高可達77%；二期稻穀增產量最高僅3% (屏東新埤)，而氮回收率最高亦只有41%[27]。若能將75%的需肥量於插秧時或插秧後不久，以施肥機點施於稻株間約7~10公分深處，則肥效更加顯著;高雄區農業改良場即研製「高改式水稻深層施肥機」於插秧後7~10天以人工操作將氮肥用量之75%行深層點施，另25%當穗肥，結果較標準分施方法可節省15~30%氮肥而仍可維持相同的高產量[28]。此種結果曾於61~64年(1972~1975)間在全省各地示範而獲得良好結果[29]。巨粒尿素之深施較細顆粒尿素之深施，易掌握施肥位置而獲得更佳效果[25,32,37]。惟此等肥料之機械深施因需要人工相當多，後來未見普及。近年來該場已進一步研製「插秧兼深層施肥機」，利用動力插秧機附掛深層施肥機方式，可一次完成插秧和施肥兩項作業[22]。最近之研究成果亦指出深施區水稻之乾物產量、穀粒產量、全株氮吸收量及穀粒氮量均較傳統撒施區高。幼穗形成期增施穗(氮)肥35 kg/ha明顯增加水稻生育中、後期之氮吸收量、乾物產量、氮收穫指數及收穫指數，故明顯提高穀粒產量。惟因深施區水稻氮吸收效率較高，在較高氮肥用量區增加穗(氮)肥對全乾物產量及穀粒產量反而有不利影響[6]。

(三)其他肥料之施用要領

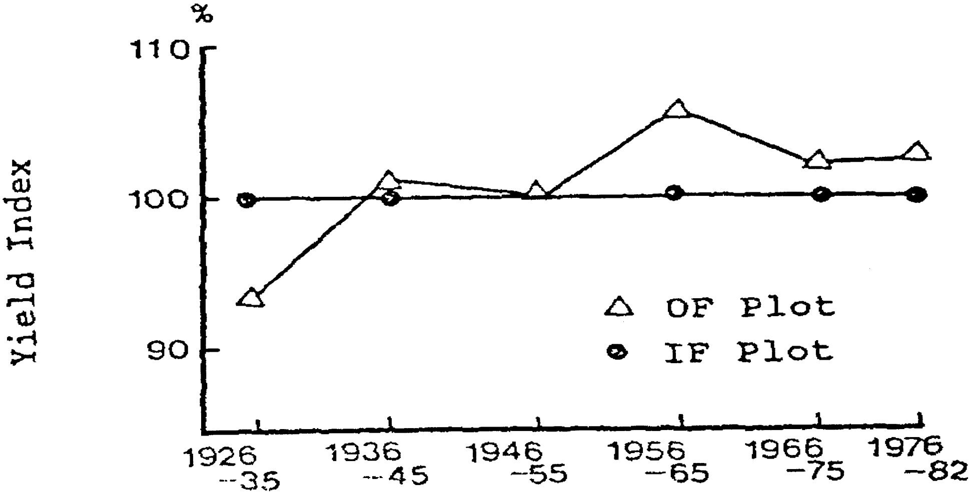
1.稻田矽酸肥料之施用

水稻為典型的需矽作物，土壤中雖含大量矽酸，卻為作物不易利用者。農業試驗所亦於民國48年起之數年間進行全省性試驗，結果顯示矽酸爐渣之肥效在北部的砂頁岩沖積土及紅壤最為顯著，以每公頃施用1.25~2.5公噸，平均獲得10%之稻穀增產，並可增加稻熱病抗性;以醋酸鈉緩衝液(pH 4.0)所萃取土壤矽酸(SiO_2)含量(低於40 ppm為缺，40~90 ppm為準1缺)可為判定需矽之指標[14,18,39]。惟當時因矽酸爐渣來源不多，未能推廣。中鋼公司成立後稻田之矽酸施肥再被重視，並於67~70年間進行大面積示範和推廣[31]，普遍獲得良好結果。據全省5,730個代表性稻田土壤樣本的有效態矽酸含量測定結果，低於40 ppm者占全樣本數之45%;低於90 ppm者則占全樣本數之70%[10]，可見矽是僅次於三要素在台灣稻田中易缺的要素。連深及王鐘和(1983)[19]亦指出稻田施用矽酸爐渣1.5 ton/ha可獲5-15%之增產效果。

2.有機質肥料之施用

近年來農畜產廢棄物之大量產出及有機農業之提倡，各種有機質肥料被使用於稻田中，有機肥料對旱作有其重要性，但對於稻田則尚有商榷餘地。日本之試驗資料顯示堆肥之肥效施用之初期表現雖不如化學肥料，然在長期施用情形下，其肥效有優於化學氮肥之趨勢(圖一)[42]，我國亦有類似之試驗結果[9]，但因其增產幅度不大，且有機肥料價格高於化學肥料，故除了有機水稻栽培以外，在稻田實在可以不必提倡有機肥料之使用，僅以鼓勵作物殘株還原於土壤即可。蓋在稻田狀況下，只要化學肥料使用適宜，作物生長被促進，其收割後之殘株即維持一定的有機質含量；即使多施有機質亦因分解迅速而難提高土壤有機質水準。比較50年代與60年代稻田土壤之有機質含量，可見60年代雖未施堆肥，但因化學肥料施用之增加及普遍，土壤中有機質含量並未見減低，且有提高之情形(表四) [8,11]。形成此種情形的原因是當化學肥料的供應足夠以後，作物生長顯較以前茂盛，回歸土壤中之地上殘株及地下的根量增加，當然有助於有機含量的提昇。有機質肥料中之綠肥依據以往的試驗結果，肥效與化學氮肥並無二致，故其後作應減施氮肥，以避免氮素供應過度之負效果[1,2]。王鐘和等(2002)[4]之報告指出長期連用豬糞堆肥可顯

著提昇玉米的產量，但對水稻則無增產的效果，產量低於化學肥料區，顯示有機質肥料在水田之效應明顯低於旱田。



圖一、有機質肥料與化學肥料連用試驗稻穀相對收量之變遷。
(資料來源：Suzuki et al.1990(42))
Fig. 1. Relative yields of rice over time in plots given organic or inorganic fertilizer.

表四、台灣水田土壤有機質含量之相對比率及分級表
Table 4. Comparision of the percentage distribution of surface soil orgame matler content in past years

有機質含量		1959-1967	1978-1981
分級	%	(%)	(%)
很低	＞1	14.0	6.7
低	1-2	50.6	38.1
中等	2-3	26.9	33.1
高	3-4	8.3	16.0
很高	＞4	—	6.1

資料來源：林家棻等，1969(8)；林家棻　1981(11)

長期過量的施用有機質肥料除了可能造成土壤中累積多量的有機質、礦化氮素量超過作物生長所需的氮素需要量，造成作物產量、品質

下降及污染環境，相關長期施用有機質肥料之試驗結果均顯示土壤中磷及鉀鈣鎂要素高量累積之現象，其對土壤環境及其他養分元素之影響，值得加以關注(3,44)。故長期施用有機質肥料時，應配合施含氮量高之有機資材，既可減少有機質肥料用量，且可避免上述現象產生(3)。此外甚多研究報告均指出；長期施用有機質肥料有提昇土壤pH值至鹼性之現象，鑑於部份營養元素在鹼性之土壤環境中有效性降低，及鹼性環境易使銨態氮肥以氨氣之型態揮散，長期施用有機質肥料時，土壤pH之變動趨勢，實需加注意。相關試驗亦指出長期施用有機肥區表土萃取性銅與鋅量顯著高於化肥區(44)，雖然禽畜糞堆肥施用於農田對土壤肥力有所助益，但長期施用時，其所含重金屬仍須加以注意，因重金屬在土壤中不易回收，且有機質肥料之施用量甚大，施用有機質肥料是否使農田土壤受重金屬污染之顧慮值得重視。

稻田施磷鉀肥之效應本就較低，且依據近年來水稻豐欠試驗之資料顯示稻田磷鉀肥力已較往年提高(21)，故理想的有機資材應採用礦化速率快且氮素含量高，磷鉀含量較低之菜籽粕、花生粕等豆粕類有機質肥料，因其礦化速率快，易於適時供應及調節水稻生育所需，不但較符合經濟成本，且能避免磷鉀過度累積及充分供應氮素。但仍要注意施用時期及施用量以求氮素供應之平衡(3)。施宗禮及謝元德(1994)(26)亦指出施用高量豆粕類有機質肥料時，因氮素供應過多，對水稻生育產生不良效果。

3.綠肥作物的應用

綠肥植物與主作物輪流耕作是常見的方式，豆科綠肥與非豆科如玉米之輪作，或與水稻輪作之水旱輪作方式。一般而言，有機物之碳：氮比愈高，表示含有較多之纖維素及木質素；且表示分解緩慢，是形成土壤中有機質之主要來源。反之，碳：氮比較低之有機物，在土壤中很快被微生物分解而變成無機態養分為作物所吸收利用。因此，從增加土壤有機質及提高土壤地力之角度來看，應當選擇有機物總量多且碳：氮比高之綠肥較佳；即綠肥作物生長至成熟期才犁入土壤中為宜。綠肥的施用如前所敘，其數量、性質均會影響後作作物之生長，需依綠肥的作物種類、株齡、生產量及下期作物的種類而有不同。水田施綠肥之注意事項:水稻田如過量施入綠肥，在分蘗期因過多氮素釋出，水稻吸收氮素過

量，易產生過多的無效分蘗，以及會影響穀粒生長[5]，會有不良效果出現，甚至有局部或全面倒伏之情形出現。因此，綠肥不應過量外，亦需提早翻犁綠肥，而達到提早腐熟綠肥，減少綠肥可能引起的缺失。尤其土壤排水不良區的水田，需避免過量的豆科綠肥。

水稻田栽植滿江紅亦可視爲綠肥之一種，水稻生育初期滿江紅可協助抑制雜草生長，避免雜草競爭養分，惟此時期滿江紅也略與水稻競爭養分，水稻生育中期曬田時，滿江紅大量死亡，植體經分解可釋出大量養分(尤其氮素)，應注意避免該時候水稻氮素吸收過量，對子實生產不利[3]。

(四)問題土壤之水稻營養障礙及改進

1．水稻窒息病之防治

本省宜蘭地區及屏東地區水稻均曾罹患一種生理病害，引起大家的注意。經過一系列之研究及改良試驗得知該病係由於土壤排水不良，稻根受土壤中還原性產物毒害，呼吸受阻所致，故稱窒息病;罹病水稻鉀素含量較低而鐵含量則稍高，經多施鉀肥及改善灌排水、避免在高溫期施用有機質肥料等措施，水稻生育可獲顯著的改善[35]。

2．缺鋅稻田之改良

鋅爲臺灣稻田中唯一顯現缺乏症狀之微量要素。首例於民國61年 在花蓮之石灰質片岩沖積土稻田發現[13]。經過鋅肥的施用後亦解決了該地久已存在，俗稱「水瘟」而不明原因之水稻生理病，惟面積並非很大。66年在台東長濱至成功一帶黑色土發現的水稻缺鋅則最爲嚴重，施鋅有顯著效果，面積達三千多公頃[16]。嗣經田間示範，以每公頃施用30~50公斤氧化鋅，較對照區第一、二期作平均增產各達25%及15%[30]，農民相繼倣效，遂解決該地區過去長久存在的低產問題。

3.胡麻葉枯病易發生地區之施肥改進

東部地區部分稻田易罹胡麻葉枯病問題，亦於民國66年前後發現與土壤之有效性鉀、錳、矽及陽離子交換能量低有關。遂由田間試驗証實施用矽酸爐渣對於稻穀之增產有效，施用鉀和錳亦略有效果[38]。

(五)水田曬田管理

水稻必須生長在水分充分供應的農田，由於土壤所含的水分有限，及天然雨水的供應不足且不平均，故必須有適當的灌溉才能正常生長。土壤水分如供應不足將嚴重影響水稻的生長及稻穀的產量。充分供應水分固然重要，但是稻田如長期處於浸水，將導致土壤長期處在還原狀態，土壤氧化還原電位下降，不利稻根呼吸及生長水田浸水後土壤之Eh值可降低至-150mV以下，而適宜水稻生長之Eh值爲10~120mV此種高度還原不利水稻生長(12)。故水稻生長期間必須給予適當的曬田。除了增加土壤通氣性，提高氧化還原電位，增加稻根活性。另外在最大分蘗期前給予較長時間曬田，促進空氣進入土壤中，造成土壤呈氧化狀態，土壤中氮素氧化成硝酸態氮，可獲抑制氮素吸收過量，避免分蘗過多，生長過渡茂盛，影響植株受光姿態，不利後期穀粒生產。且可避免下位節間因吸收過多氮素而過度伸長，造成倒伏，影響水稻生長。

結　　語

近年來農地之過分開發，同一農地作物之多元化及肥料資材之超量投入，已使土壤肥力之變異趨於擴大，故殘留養分之掌握瞭解益加重要。更因氮素在土壤中之變化多端及過去有關研究的不足，今後有關稻田土壤中氮素轉化之預測、診斷，以及氮素對環境品質影響之監測更爲重要。此外，由於農畜產廢棄物之大量產出，卻未能平均分配於農地，以及廢棄物本身之品質問題，亦帶來氮素之環境污染問題及重金屬污染土壤之虞。稻田土壤中有機質之分解、聚積，及其與土壤生產力乃至環境污染之關係等，仍是有待量化澄清之課題。是故有機質肥料之合理施用技術，亦是今後水稻栽培需要加強之研究方向。

引用文獻

1. 王鐘和、連深、洪崑煌。1994。輪作田夏作田菁及其耕耘方式對秋作玉米生育及子實生產之影響。土壤肥料試驗研討會專輯。p.1-32。
2. 王鐘和、林毓雯、丘麗蓉。2000。從作物營養需求特性談有機質肥料施用要領。有機質肥料應用技術研討會專刊。p.44-64。中華永續農業協會編印。

3. 王鐘和。2002。第四章-水稻有機栽培之肥培管理要領。作物有機栽培。p.37-48。農委會農業試驗所編印。
4. 王鐘和、艾慶平、丘麗蓉、林毓雯、鍾仁賜。2002。長期施用不同有機資材對玉米、水稻輪作物生產之影響。農業土壤生態品質及生產力研討會論文集。p.181-218。中興大學土壤環境科學系。台中。台灣。施用不同有機資
5. 王鐘和、林毓雯、黃維廷、江志峰。2002。水稻合理施肥技術。作物合理化施肥技術研討會專刊。p.11-24。中華永續農業協會、農業試驗所編印。
6. 王鐘和。2004。肥料深施及穗肥對水稻產量之效應及診斷研究。台灣農業化學與食品科學。42(5)(刊印中)。
7. 行政院農業發展委員會、台灣省政府農林廳。1996作物施肥手冊。
8. 林家棻。1969。台灣農田土壤分析報告。台灣省農業試驗所編印。
9. 林家棻、李子純、張愛華、陳卿英。1973。長期連用同樣肥料對於土壤化學性質與稻谷收量之影響。農業研究22(4):241-262。
10. 林家棻、陳春泉。1980~81。台灣省土壤肥力能限分類之研究與校正。台灣省政府農林廳71年度稻作土壤肥料試驗示範報告(抽印本)。
11. 林家棻。1981。台灣農田土壤肥力能限分類調查報告。
12. 林良平。1978。土壤微生物學。天然書社出版。台北。台灣。
13. 邱再發、林慶喜。1972。花蓮石灰質土壤之水稻生理病之植物營養學研究:水稻之鋅缺乏。中華農學會報，新80:66-76。
14. 連深。1963。矽對水稻之效應。農業研究12(3):16-28。
15. 連深。1972。水稻之穗肥效應及診斷研究。農業研究21:71-77。
16. 連深。1977。本省主要水田土壤之水稻鋅營養狀況。台灣省農業試驗所民國六十六年年報80-82。
17. 連深、鄭榮賢、蘇春濤。1977。省產裹硫尿素及硫酸銨簡化施肥法在不同水田之肥效，台灣省農業季刊3(2):135-148。
18. 連深。1980。稻田土壤有效矽含量與水稻矽酸爐渣效應間之關係。台灣省農業試驗所民國六十九年年報64-65。
19. 連深、王鐘和。1983。長期連用矽酸爐渣對水稻收量和土壤化學性質之影響。中華農業研究32(2):185-199。
20. 連深。1996。作物施肥手冊-貳、施肥原則及參、水稻。p.10-31。農委會及農林廳編印。
21. 連深。1998。合理化施肥手冊(1)量身減肥－我們的水田需要減肥了(水稻合理化施肥技術)。p.8-13。

22. 高雄區農業改良場。1993。水稻插秧兼深層施肥機示範成果觀摩會資料(油印本)。
23. 黃武林。1978。稻作施肥改善推廣報告。台灣農業季刊14(1):111-138。
24. 張淑賢、洪崑煌。1979。氮供應形態、強度、及容量因子對水稻生育的影響。中國農業化學會誌。p.24-35。
25. 張淑賢、連深。1982。巨粒尿素與尿素深施對水稻之肥效比較。農林廳71年度土壤肥料試驗報告(油印本)。
26. 施宗禮、謝元德。1994。有機質肥料施用對稻米品質及產量之影響。八十二年度土壤肥料試驗報告。p.72-80。農林廳編印。南投。
27. 莊作權。1993。台灣水田土壤在施用尿素及土壤改良劑下對水稻產量及養分含量與土壤肥力之影響。中華農學會報159:61-74。
28. 鄒運豐、林順台。1980。水稻氮肥機械深施試驗。農林廳68年土壤肥料試驗報告35-42。
29. 鄒運豐、林順台。1980。水稻三要素機械化深層施肥試驗。農林廳68年度土壤肥料試驗示範報告(油印本)。
30. 臺東區農業改良場。1978。東海岸低產稻田鋅肥施用法試驗。農林廳67年度土壤肥料試驗示範報告(油印本)。
31. 臺灣省政府農林廳。1979，1980，1981。稻田施用矽酸爐渣效果示範。民國67、68及69年度土壤肥料試驗示範報告(油印本)。
32. 鄭榮賢、羅瑞生、王明茂。1982。巨粒尿素深施觀察。農林廳71年度土壤肥料試驗示範報告(油印本)。
33. 謝慶芳、黃山內。1976。水稻氮素肥料效率改進試驗。台灣省政府農林廳土壤肥料試驗報告。p.22-26。南投。台灣。
34. 諶克終。1986。果樹之營養診斷與施肥。徐氏基金會出版。
35. Chang, S.C. 1962. Control of suffocating disease of rice plants. in Taiwan. Soils and Fertilizers in Taiwan.The Soc. Soil Scientists and Fertilizer Technologists, Taiwan.
36. Feng, M.P. 1968. Method of potash application on paddy rice, in Taiwan.Fertilite. 31: 27-14.
37. Juang, T.C. 1980. Increasing nitrogen efficiency through deep placement of urea supergranules under tropical and subtropical paddy conditions. In "Increasing Nitrogen Efficiency for Rice Cultivation". FFTC Book Series No. 18: 83-99.

38. Lee, T.S., L.S. Hsu and C.H. Lin 1979.Study on relationship between soil fertility and Fertilizer. Technologists, Taiwan.
39. Lian S. 1976. Silica fertilization of rice. p. 197-220 in "The Fertility of Paddy Rice and Fertilizer Application for Rice" FFTC, ASPAC, Taipei, ROC.
40. Lian, S. 1989. Fertility management of rice soils in ROC on Taiwan, ASPAC FFTC Tech. Bull. No.293.
41. Su, N.R. 1975. Fertilizer applications to rice in Taiwan, ASPAC FFTC Extension Bull. No. 60.
42. Suzuki M., K. Kamekawa, S. Sekiya and H. Shiga. 1990. Effect of continuous application of organic or inorganic fertilizer for sixty years on soil fertility and rice yield in paddy field. Transactions of 14th International Congress of Soil Science, Vol. II:14-19.
43. Wang, C.H. 2003. Soil fertility management of sustainable agricultural in Taiwan. In the proceeding of The 3rd APEC Workshop on Sustainable Agricultural Development. p.245-263.
44. Wang, C.H. 2004. Improved soil fertility Management in Organic farming. in Proceeding of Seminar on organic farming for sustainable agriculture. edited by FFTC and ARI p.1-28.
45. Yamada, N. 1975. Efficiency of fertilizer utilization and soil fertility. A paper presented at a seminar on "The Maintainance of Rice Yields in the Face of a Shortage of Chemical Fertilizers", sponsored by ASPAC/FFTC in Taipei.

Nutrition and Soil Management for Wet Rice Health Management System

Chong-Ho Wang[1] , Yn-Wen Lin[2] and Li-Jung Chin[1]

[1] Department of Plant Industry, National pingtung University of Science and technology

[2]Agricultural Chemistry Division, Agricultural Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan

Abstract

N fertilization is the most important for wet rice. Since the type of cultivar and the climate have a profound effect on crop productivity, recommendations of N rates for rice are based primarily on the variety, the region and the cropping season. Recommendations of P and K rates are based primarily on results of soil testing for available P and K in the soil.

The response of rice to phosphate and potash is generally lower than the response to nitrogen.Analyses of canonical correlations of rice response to panicle fertilizer revealed that nitrogen concentration of rice plant and panicle fertilizer dosage were highly correlated.The chlorophyll-meter value was significantly positively associated with both leaf N concentration and rice plant N concentration at panicle initiation stage. Consequently, detection of chlorophyll concentration using chlorophyll-meter would be a good tool for determining the essential dosage of top-dressing panicle fertilizer.

The yield increases to the siliceous slag application were in the range of 5-15%. A high bicarlonate level and the poor drainage condition of soil were considered as important factors in causing the low yield of rice plant.The response to K and Zn fertilization was suggested on those soils, the improvement of drainage condition so as to promote the development of root system was also improtant decomposition and transformation of soil organic nitrogen into nitrogen available to plants is a biological

process which is affected by weather, soil texture, the presence of clay minerals, soil management, the nature of the previous crop and other variables. Leaf diagnosis and soil testing are valuable methods of determining the nutrient status of a crop and the soil in which it is growing, as a guide to what fertilizer is required.

Key words: rice, nutrition.